# Concentrations de *Bacillus Thuringiensis* dans l'eau de lacs situés à l'intérieur et à l'extérieur des aires traitées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec, en 1985.

Québec

88-00617/

# CONCENTRATIONS DE *Bacillus thuringiensis* DANS L'EAU DE LACS SITUÉS À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DES AIRES TRAITÉES CONTRE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE AU QUÉBEC, EN 1985

Renaud Dostie, tech. de la faune
Guy Parent, tech. de la faune
Pierre-Martin Marotte, biologiste
Sylvie Delisle, tech. de la faune

Service des études environnementales

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Energie et des Ressources
Direction de la conservation

Québec, Novembre 1986

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le personnel du laboratoire de microbiologie du M.E.R. qui a effectué les analyses. Ce travail était supervisé par Pierrette Cardinal et réalisé par Céline Blanchette, Danielle Pagé, Louis Chabot et Jacques Pellerin. Nos remerciements s'adressent aussi à Anne Laroche pour les travaux de secrétariat.

## RESUME

Le suivi environnemental réalisé en 1985 par le ministère de L'Energie et des Ressources lors du programme de pulvérisations de Bacillus thuringiensis (B.t.) contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette comprenait la récolte d'échantillons d'eau dans les milieux lacustres. Dans le cadre de cette étude, 282 échantillons d'eau ont été prélevés dans 33 lacs parmi lesquels 14 sont situés à l'intérieur des aires traitées et 19 à l'extérieur. Une première récolte a été effectuée dans chaque lac avant le début du programme de pulvérisations. Les concentrations de B.t. dans ces échantillons n'ont pas excédé 0,87 x $10^4$ U.F.C./l. Les valeurs maximales sont observées dans l'eau de lacs situés à l'intérieur de secteurs traités antérieurement. Les concentrations plus faibles proviendraient d'une dérive aérienne. Deux à trois jours après la pulvérisation, des concentrations élevées jusqu'à 380 x $10^4$ U.F.C./l ont été détectées dans l'eau de lacs situés à l'intérieur des aires traitées. Par la suite, ces valeurs diminuent rapidement et n'excèdent pas 8,2 x $10^4$ U.F.C./l après des délais variant de 11 à 40 jours. Les quantités détectées à ces mêmes stations sont similaires pour les récoltes effectuées avant et après un délai de 11 mois suivant les pulvérisations.

Dans un rayon de 10 km à l'extérieur des aires traitées, des apports de B.t. par la dérive aérienne ont été observés 11 à 40 jours suivant les pulvérisations. La valeur maximale est de 0,47 x $10^4$ U.F.C./l. Au-delà de cette distance, les concentrations sont généralement inférieures à la limite de détection. Par ailleurs, les prélèvements réalisés dans cinq lacs distants de plus de 50 km de secteurs traités indique l'absence de B.t. à l'état naturel dans les milieux aquatiques de ces régions éloignées.

## ABSTRACT

The environmental monitoring realized in 1985 by the ministère de l'Énergie et des Ressources of Québec within the aerial sprayings of Bacillus thuringiensis (B.t.) against spruce budworm included the collecting of water samples in lakes. For the study, 282 samples were collected in 33 lakes among which 14 were located inside treated areas and 19 outside. Before the beginning of the sprayings each lake was sampled once. In these samples, concentrations did not exceed 0.87 X $10^4$ C.F.U./l. Maximums were observed in lakes located inside areas treated over the past years. Lower concentrations probably came from aerial drift. From two to three days after the spraying, high concentrations up to 380 X $10^4$ C.F.U./l were detected in lakes located inside treated areas. Afterwards, concentrations decreased rapidly and after 11 to 40 days did not exceed 8.2 X $10^4$ C.F.U./l. Concentrations detected at these stations before the spraying program were similar to those found eleven months later.

Outside the treated areas, within a 10 km radius, B.t. brought by aerial drift was observed from 11 to 40 days after the sprayings. The maximal value was 0.47 X $10^4$ C.F.U./l. Beyond this distance, concentrations were generally below detection limit. Moreover, samples collected in five lakes located more than 50 kilometres away from treated areas showed no presence of B.t. in natural state in aquatic environments.

## TABLE DES MATIERES


REMERCIEMENTS..... iii
RESUME..... v
ABSTRACT..... vii
TABLE DES MATIERES..... ix
LISTE DES FIGURES..... xi
LISTE DES TABLEAUX..... xii

1. INTRODUCTION..... 1

2. DESCRIPTION DU PROGRAMME DE PULVERISATION..... 3

   2.1 Territoire..... 3
   2.2 Appareils et produits..... 3

3. PROGRAMME D'ECHANTILLONNAGE..... 7

4. METHODOLOGIE..... 9

   4.1 Méthodologie d'échantillonnage..... 9
   4.2 Méthodologie d'analyse..... 9

5. RESULTATS ET DISCUSSION..... 11

   5.1 Concentrations détectées à l'intérieur de l'aire traitée..... 11
   5.2 Concentrations détectées à l'extérieur de l'aire traitée..... 12
   5.3 Echantillonnage réalisé dans une région éloignée..... 13
   5.4 Variations inter-échantillons..... 13

6. CONCLUSION..... 21

BIBLIOGRAPHIE..... 23

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Superficies traitées à l'insecticide biologique en 1985 et stations d'échantillonnage en milieu lacustre..... 5

Figure 2: Localisation des lacs échantillonnés dans la région de La Tuque en 1985..... 8

Figure 3: Concentrations moyennes détectées, entre 11 et 40 jours après la pulvérisation, dans l'eau des lacs situés à l'intérieur des aires traitées en 1985..... 16

Figure 4: Concentrations moyennes détectées entre 11 et 40 jours après la pulvérisation, dans l'eau des lacs situés à l'extérieur des aires traitées en 1985..... 18

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: Préparations d'insecticides biologiques utilisées lors des traitements opérationnels contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec en 1985..... 6

TABLEAU 2: Traitements réalisés en 1983 et 1984 avec le Bacillus thuringiensis sur le bassin versant des stations échantillonnées à l'intérieur des aires traités en 1985..... 15

TABLEAU 3: Concentrations de Bacillus thuringiensis (U.F.C. x $10^4$/l) détectées avant les pulvérisations et jusqu'après un délai de 11 mois dans des lacs situés à l'intérieur des aires traitées en 1985..... 15

TABLEAU 4: Traitements réalisés en 1983 et 1984 avec le Bacillus thuringiensis sur le bassin versant des stations échantillonnées à l'extérieur des aires traitées en 1985..... 17

TABLEAU 5: Concentrations de Bacillus thuringiensis (U.F.C. x $10^4$/l) détectées avant les pulvérisations et après un délai de 11 à 40 jours dans des lacs situés à l'extérieur des aires traités en 1985..... 17

TABLEAU 6: Différence entre la concentration maximale (MAX.) et minimale (MIN.) de Bacillus thuringiensis détectée dans chacun des lacs situés à l'intérieur des aires traités en 1985..... 19

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du suivi environnemental des pulvérisations d'insecticide contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, le ministère de l'Energie et des Ressources (M.E.R.) a réalisé en 1985 un programme d'échantillonnage en milieu lacustre. Cette étude a pour objectif de vérifier les concentrations de spores viables de Bacillus thuringiensis (B.t.) dans l'eau de lacs situés à l'intérieur et à l'extérieur des aires traitées. Cet effort est justifié par l'utilisation plus importante de l'insecticide biologique dans les programmes de lutte. Jusqu'à maintenant, des échantillons d'eau avaient été récoltés dans des milieux lotiques et dans des mares situées à l'intérieur des superficies traitées au B.t. (Dugal et al, 1985). Aucun prélèvement n'avait été effectué en milieu lacustre. Il devenait donc important de connaître la contamination engendrée dans ce milieu par l'apport artificiel de B.t.

## 2. DESCRIPTION DU PROGRAMME DE PULVERISATIONS

### 2.1 Territoire

En 1985, le programme de pulvérisations du M.E.R. s'est déroulé du 3 juin au 5 juillet. Le territoire a couvert 667 418 hectares répartis dans les régions de Québec, la Beauce, Charlevoix, Portneuf, Saguenay-Lac St-Jean, Bas St-Laurent-Gaspésie et la Haute Côte-Nord (Figure 1). De cette superficie, 72% ont reçu des traitements biologiques par rapport à 28% à l'insecticide chimique.

### 2.2 Appareils et produits.

Le M.E.R. a réalisé l'épandage opérationnel de l'insecticide biologique avec des appareils quadrimoteurs de types L-749, DC-4 et DC-6, ainsi qu'avec des monomoteurs de types Turbo Thrush et Bull Thrush. Le système de pulvérisation des quadrimoteurs était constitué d'une rampe munie de gicleurs ouverts. Pour ce qui est des monomoteurs, ils étaient équipés de 6 pulvérisateurs Mini Micronair AU 5000$^{MD}$. Un système de navigation par inertie de Litton (INS-51) assurait le guidage de chaque quadrimoteur, alors que pour les monomoteurs, la navigation se faisait de façon visuelle avec l'aide d'un avion pointeur.

Quelques insecticides biologiques à base de Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Berliner) ont été utilisés durant ce programme. Les préparations commerciales appliquées de façon opérationnelle sont le Thuricide 48 LV$^{MD}$ (94,9%), le Futura$^{MD}$ (4,6%) et le Novobac 3$^{MD}$ (0,5%) (tableau 1). Seul le Thuricide, pulvérisé à la dose de 30 MUI/ha par des quadrimoteurs a fait l'objet d'un suivi dans le cadre de cette étude. Notons que chaque territoire n'a reçu qu'une seule application d'insecticide, et que la largeur séparant les lignes de vol était de 305 mètres.

Dans la région du Bas St-Laurent-Gaspésie, le Service canadien des forêts a effectué des pulvérisations sur 33 521 hectares de forêts privées. Ces traitements ont été réalisés avec des avions monomoteurs de type Grumman AgCat. Le produit utilisé était le Futura$^{MD}$ (20 MUI/ha) appliqué au volume de 2,5 l/ha. Aucune station n'était incluse à l'intérieur des parcelles traitées en forêt privée.

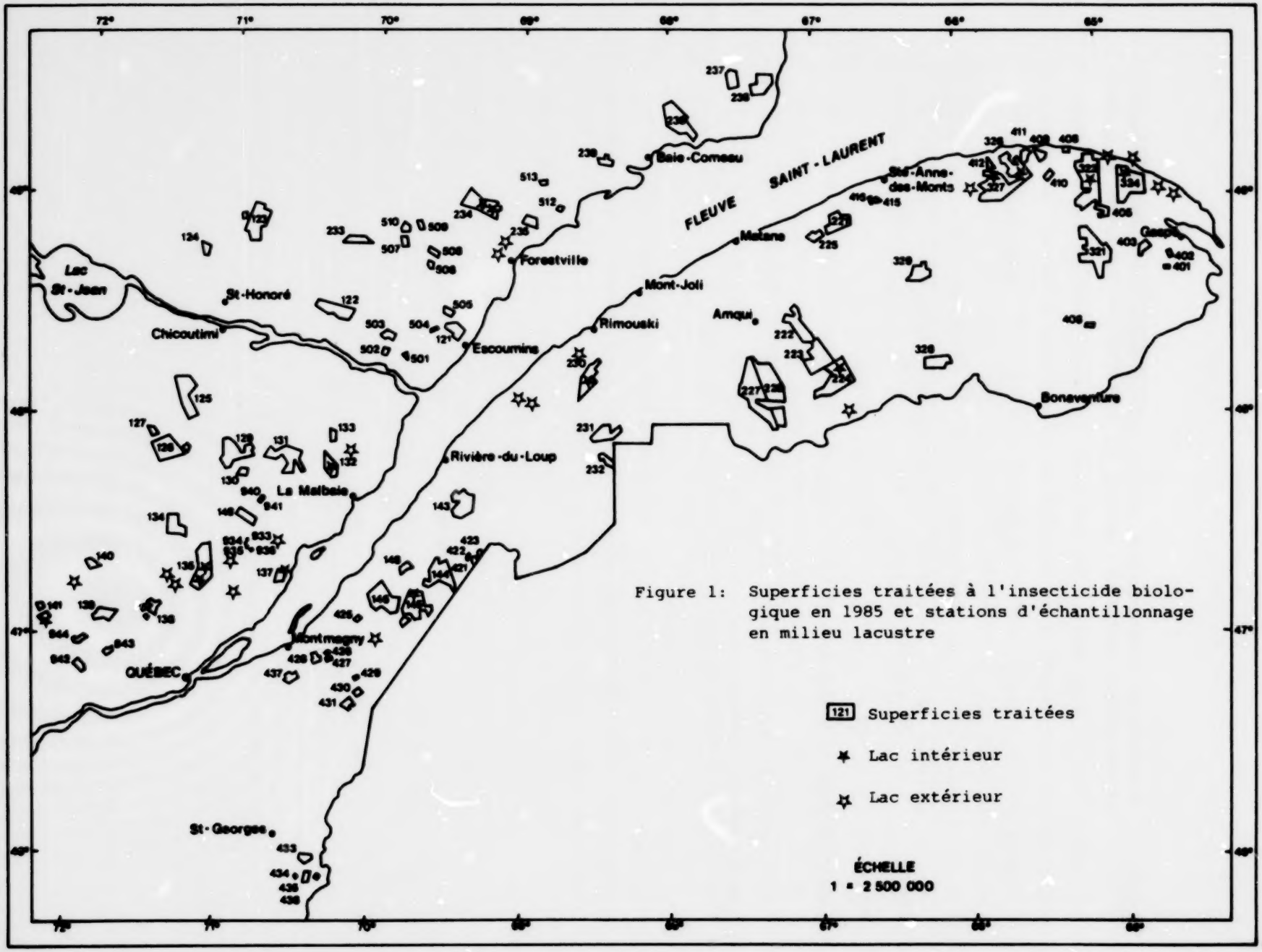


Figure 1: Superficies traitées à l'insecticide biologique en 1985 et stations d'échantillonnage en milieu lacustre

**TABLEAU 1:** PREPARATIONS D'INSECTICIDES BIOLOGIQUES UTILISEES LORS DES TRAITEMENTS OPERATIONNELS CONTRE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'EPINETTE AU QUEBEC EN 1985

| PRODUIT | DOSE | VOLUME | PREPARATION V/V[1] | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | INSECTICIDE | EAU | CHEVRON STICKER |
| FUTURA | 20 MUI/ha[2] | 2,5 l/ha | 60 % | 40 % | 1/6000 |
| NOVABAC 3 | 30 MUI/ha | 4,68 l/ha | 100 % | | |
| THURICIDE 48LV | 30 MUI/ha | 2,37 l/ha | 100 % | | |

[1]V/V: Volume par volume
[2]MUI: Milliard d'unités internationales

## 3. PROGRAMME D'ECHANTILLONNAGE

Dans le cadre de cette étude, 33 lacs ont été visités dont 14 sont situés à l'intérieur des aires traitées et 19 à l'extérieur (Figure 1). Ils ont été choisis en raison de leur petite superficie, de leur accessibilité et, pour ce qui est des lacs extérieurs, de leur localisation à proximité des aires traitées. Leur largeur variait de 50 à 400 mètres et leur longueur de 300 à 750 mètres. La distance séparant les lacs extérieurs et les parcelles variait entre 2 et 27 kilomètres.

Des prélèvements ont été effectués dans tous les cas avant le programme de pulvérisations de 1985 et après selon des délais variant entre 11 et 40 jours. Les stations situées à l'intérieur ont aussi été échantillonnées deux à trois jours et onze mois suivant la pulvérisation (printemps 1986). Un total de 282 échantillons a été recueilli pour ce projet.

Par ailleurs, dans le but de vérifier la présence naturelle du B.t. dans un secteur n'ayant jamais fait l'objet de traitements à l'insecticide biologique, 15 échantillons d'eau ont été récoltés dans cinq lacs de la région de La Tuque (Figure 2).

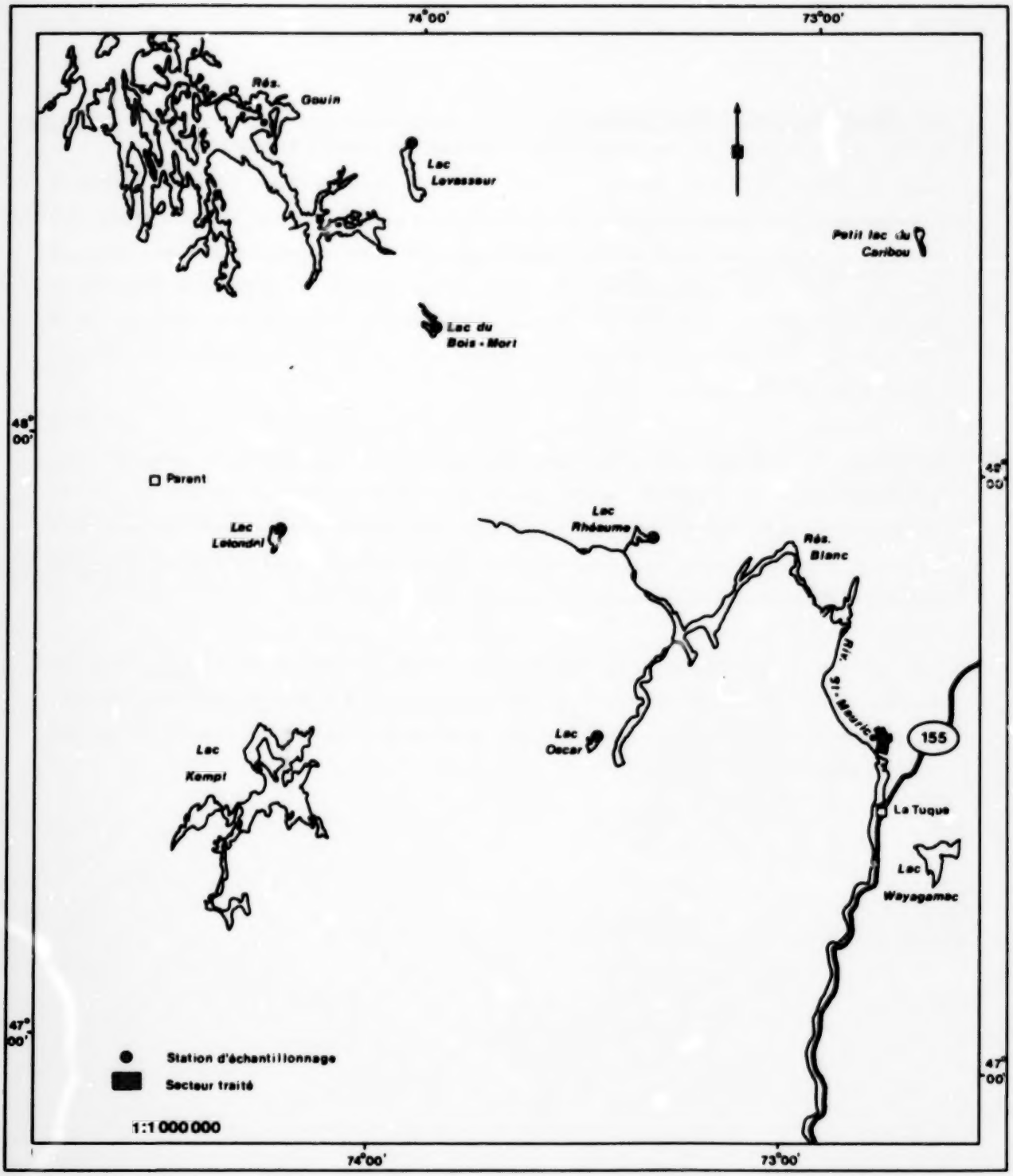


Figure 2: Localisation des lacs échantillonnés dans la région de La Tuque en 1985

## 4. METHODOLOGIE

### 4.1 Méthodologie d'échantillonnage

L'échantillonnage est réalisé à partir d'une embarcation à trois lieux différents sur le lac, soit près de l'émissaire, au centre et près du tributaire. A chaque endroit, on utilise deux bouteilles en polypropylène de type Boston$^{MD}$ (946 ml). La récolte se fait au moyen d'un appareil à échantillonner sous la surface de marque Wheaton$^{MD}$. Celui-ci est nettoyé à l'alcool avant chaque utilisation. Une fois fixée à cet appareil, la bouteille est introduite dans l'eau jusqu'à une profondeur de 1,5 mètres. Le bouchon est dévissé lentement pour laisser pénétrer l'eau dans la bouteille, alors que l'appareil est incliné de façon à ce qu'elle se remplisse peu à peu. Une fois la bouteille pleine et son bouchon revissé, elle est retirée de l'eau. Le volume est ajusté à 900 ml. La seconde bouteille est récoltée selon la même méthode.

La vérification réalisée dans la région de La Tuque ne comprenait qu'une récolte en surface. Pour ce faire, l'échantillonneur enfonce manuellement la bouteille dans l'eau tout en l'inclinant légèrement. Il capte l'eau de surface en faisant un mouvement circulaire avec le bras. La bouteille est retirée lorsque remplie à 900 ml. Trois bouteilles ont été prélevées de la même façon dans chaque lac.

Les échantillons sont conservés immédiatement au froid dans une glacière (4°C), puis congelés jusqu'à leur analyse. Mentionnons qu'avant d'effectuer toutes ces manipulations, l'échantillonneur se lave les mains avec une solution antibactérienne (Hibitane$^{MD}$) afin de diminuer les risques de contamination.

### 4.2 Méthodologie d'analyse

L'analyse microbiologique a été réalisée au laboratoire du ministère de l'Energie et des Ressources selon les méthodes décrites par Cardinal (1985).

Lors du décompte, les spores viables apparaissent sur le milieu de culture sous forme de colonies. Etant donné qu'une seule colonie peut provenir d'une ou d'un amas de spores, les concentrations de B.t. sont donc exprimées en nombre d'unités formant des colonies par litre (U.F.C./l). En 1985, la limite de détection était inférieure à $0,01 \times 10^4$ U.F.C./l et à $0,001 \times 10^4$ U.F.C./l en 1986.

## 5. RESULTATS ET DISCUSSION

### 5.1 Concentrations détectées à l'intérieur de l'aire traitée

En période préopérationnelle, les concentrations ont varié de 0,013 x $10^4$ à 0,87 x $10^4$ U.F.C./l dans l'eau de neuf lacs (tableau 3). Aucune quantité n'a été détectée dans les cinq autres lacs. Les concentrations maximales sont observées dans l'eau de secteurs traités en 1983 et en 1984 ou encore lors de l'une ou l'autre ces années (tableau 2). Cependant, des concentrations plus faibles et inférieures à 0,04 x $10^4$ U.F.C./l ont également été retrouvées dans l'eau de lacs n'ayant jamais été directement atteints par l'insecticide biologique. Ces concentrations pourraient provenir d'une dérive aérienne du produit lors des pulvérisations antérieures.

Des concentrations de B.t. variant de 7,6 x $10^4$ à 380 x $10^4$ U.F.C./l ont été détectées dans les échantillons récoltés deux à trois jours après la pulvérisation (tableau 3). Ces valeurs sont comparables à celles retrouvées dans l'eau de mares situées à l'intérieur des superficies traitées en 1984 (Dugal et al, 1985). D'après cette étude, les maximums observés après l'application tendent à diminuer avec le temps. Les valeurs varient de 9,5 x $10^4$ à 1005 x $10^4$ U.F.C./l après un délai d'une journée.

Entre 11 à 40 jours après les traitements les concentrations diminuent et s'étendent de 0,079 x $10^4$ à 8,2 x $10^4$ U.F.C./l (tableau 3). A l'exception d'une station, ces valeurs sont légèrement supérieures à celles détectées avant les opérations et sont moins élevées que celles observées 2 à 3 jours après la pulvérisation. On remarque également que ces concentrations retracées après un délai de 11 à 40 jours ne semblent pas être dépendantes des maximums atteints après un délai de 2 à 3 jours. En effet, les quantités maximales retrouvées 11 à 40 jours après la pulvérisation n'ont pas été retrouvées aux stations où les maximums avaient été détectés après 2 à 3 jours. La relation entre les concentrations de ces deux délais est difficile à établir en raison de l'étendue de la deuxième période de récolte qui a duré 30 jours. A la figure 3, le maximum a été retrouvé 11 jours après la pulvérisa-

tion. Cette valeur représente 8,9% de celle détectée après 2 à 3 jours. Des concentrations moins élevées mais évaluées à 8,9 et 16,4% de celles retracées immédiatement après la pulvérisation ont aussi été observées après un délai de 28 jours. Aux autres stations, les concentrations moyennes sont inférieures à $3,0 \times 10^4$ U.F.C./l et représentent moins de 4% de celles détectées après 2 à 3 jours.

L'échantillonnage réalisé 11 mois après les pulvérisations de 1985 a révélé des concentrations variant de $0,011 \times 10^4$ à $0,33 \times 10^4$ U.F.C./l (tableau 3). Ces dernières sont toutes inférieures à 2% des maximums retrouvés 2 à 3 jours après la pulvérisation et apparaissent similaires à celles observées avant les traitements de 1985. Toutefois, le B.t. est présent à un plus grand nombre de stations, ce qui indiquerait une contamination additionnelle par l'application de B.t..

La persistance à long terme du B.t. dans l'eau a déjà été observée au Québec par Dugal et al (1985), Delisle et al (1986) et Dostie et al (1986). Lors de ces études, la récolte un an après les traitements a révélé des concentrations semblables à celles citées précédemment.

### 5.2 Concentrations détectées à l'extérieur de l'aire traitée

Avant le début et entre 11 à 40 jours suivant les pulvérisations, des prélèvements d'eau ont été effectués dans 19 lacs. A ces deux délais, aucune concentration n'a été détectée dans environ 70% des échantillons (tableau 5).

Avant le début des traitements, dix lacs ont révélé la présence de B.t. et les concentrations varient de $0,11 \times 10^4$ à $0,46 \times 10^4$ U.F.C./l. Sur l'ensemble des stations, seulement deux lacs étaient situés à l'intérieur de secteurs traités antérieurement avec une insecticide biologique (tableau 4). Chacun des échantillons récoltés dans ces deux lacs avant les pulvérisations a révélé une présence de B.t.. Dans tous les autres cas, c'est-à-dire pour 17 lacs, des trois échantillons récoltés dans le lac, au moins un ne contenait aucune concentration de B.t..

Après le délai de 11 à 40 jours, la présence de B.t. a été observée dans l'eau de huit lacs. Parmi ceux-ci, six ont affiché des concentrations plus élevées que celles détectées avant les pulvérisations. Notons qu'avant les traitements, le B.t. était présent dans dix lacs et que seulement trois d'entre eux ont révélé des concentrations après les pulvérisations.

Pour l'ensemble des lacs échantillonnés 11 à 40 jours après le programme de pulvérisations, les valeurs sont faibles et le maximum est de 0,47 x $10^4$ U.F.C./l (tableau 5). Cette concentration fait partie de la moyenne maximale observée à une station située à 2,7 km des aires traitées (Figure 4). Au-delà de cette distance et à l'intérieur d'un périmètre de 10 km, les moyennes sont inférieures à 0,1 x $10^4$ U.F.C./l. A plus de 10 km des zones traitées, la moyenne observée dans chaque lac est généralement inférieure à la limite de détection. Parmi les 24 échantillons récoltés à plus de 10 km, deux ont révélé une concentration légèrement supérieure à la limite de détection.

### 5.3 Echantillonnage réalisé dans une région éloignée

Parallèlement à ce programme, 15 échantillons d'eau ont été récoltés dans cinq lacs de la région de La Tuque. Celle-ci est située à plus de 50 km des aires traitées au B.t. en 1985 (Figure 2). Depuis 1980, aucun traitement au B.t. n'avait été effectué dans cette région. Aucune concentration n'a été détectée suite à l'échantillonnage de 1985. Ces résultats semblent démontrer l'absence de B.t. dans les régions éloignées des superficies traitées.

### 5.4 Variations inter-échantillons

Une comparaison entre les résultats d'analyse des trois échantillons récoltés dans chaque lac a été réalisée afin de vérifier l'homogénéité du B.t. dans un même lac et de valider toutes les manipulations de l'échantillon incluant la récolte et l'analyse. Cette comparaison n'a été effectuée que pour les échantillons récoltés à l'intérieur des superficies traitées. Les autres lacs ont été rejetés en raison du fort pourcentage d'échantillons dont la concentration est inférieure à la limite de détection.

Pour chaque délai de récolte (pré, 2 à 3 jours, 11 à 40 jours et 11 mois) nous avons vérifié pour chaque lac le rapport entre la concentration maximale et minimale. Telle que prévue, la différence entre les concentrations est plus élevée lorsque les résultats sont faibles. Ainsi, avant les traitements et après un délai de 11 mois, la différence maximale entre les concentrations d'une même station est de 27 fois (Tableau 6). Suite aux deux premières récoltes effectuées après les pulvérisations, cette différence n'excède pas 3,4 fois. Les faibles variations observées entre ces concentrations nous indiquent une distribution homogène du B.t. en milieu lentique. Elles nous rassurent également de la validité de l'échantillonnage et de l'analyse.

TABLEAU 2: TRAITEMENTS REALISES EN 1983 ET 1984 AVEC LE BACILLUS THURINGIENSIS SUR LE BASSIN VERSANT DES STATIONS ECHANTILLONNEES A L'INTERIEUR DES AIRES TRAITES EN 1985

| ANNEE | STATION NO. | 132 C | 135 D | 135 E | 137 A | 141 A | 145 B | 224 B | 230 E | 234 A | 234 B | 322 D | 324 B | 326 D | 327 B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1983 | | NON[1] | OUI[2] | OUI | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON |
| 1984 | | OUI | OUI | OUI | OUI | NON | OUI | OUI | OUI | NON | NON | NON | NON | NON | NON |

[1]NON: Non-traité
[2]OUI: Traité

TABLEAU 3: CONCENTRATIONS DE BACILLUS THURINGIENSIS (U.F.C.x$10^4$/l) DETECTEES AVANT LES PULVERISATIONS ET JUSQU'APRES UN DELAI DE 11 MOIS DANS DES LACS SITUES A L'INTERIEUR DES AIRES TRAITEES EN 1985

| DELAI | STATION NO | 132 C | 135 D | 135 E | 137 A | 141 A | 145 B | 224 B | 230 E | 234 A | 234 B | 322 D | 324 B | 326 D | 327 B | MIN - MAX |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PRE | A | 0,096 | 0,87 | 0,52 | 0,46 | N.D.[1*] | 0,057 | N.D. | 0,21 | N.D. | N.D. | 0,04 | 0,014 | N.D. | 0,029 | N.D. - 0,87 |
| | B | 0,48 | 0,072 | 0,019 | 0,20 | N.D. | 0,24 | N.D. | 0,21 | N.D. | N.D. | N.D. | 0,013 | N.D. | 0,021 | |
| | C | N.D. | 0,34 | 0,021 | 0,12 | N.D. | 0,30 | N.D. | 0,23 | N.D. | N.D. | N.D. | 0,021 | N.D. | 0,027 | |
| | $\bar{x}$*[2] | 0,195 | 0,427 | 0.186 | 0,26 | N.D. | 0,199 | N.D. | 0,217 | N.D. | N.D. | 0,02 | 0,016 | N.D. | 0,026 | |
| 2-3 JOURS | A | 100,0 | 58,0 | 67,0 | 10,0 | 26,0 | 290,0 | 52,0 | 380,0 | 38,0 | 56,0 | 100,0 | 46,0 | 27,0 | 19,0 | 7,6-380,0 |
| | B | 130,0 | 68,0 | 55,0 | 7,6 | 28,0 | 91,0 | 95,0 | 340,0 | 46,0 | 51,0 | 100,0 | 46,0 | 25,0 | 29,0 | |
| | C | 50,0 | 76,0 | 91,0 | 15,0 | 28,0 | 270,0 | 160,0 | 110,0 | 24,0 | 51,0 | 120,0 | 68,0 | 21,0 | 28,0 | |
| | $\bar{x}$ | 93,0 | 67,0 | 71,0 | 11,0 | 27,0 | 220,0 | 100,0 | 280,0 | 36,0 | 53,0 | 110,0 | 53,0 | 24,0 | 25,0 | |
| 11-40 JOURS | A | 3,1 | 1,8 | 5,6 | 1,4 | 1,2 | 0,93 | 1,2 | 1,2 | 2,8 | 2,7 | 1,4 | 0,18 | 0,10 | 0,079 | 0,079-8,2 |
| | B | 2,9 | 1,3 | 5,2 | 1,9 | 0,6 | 0,70 | 1,4 | 1,0 | 3,3 | 1,4 | 1,2 | 0,27 | 0,084 | 0,16 | |
| | C | 3,0 | 1,6 | 8,2 | 2,0 | 0,55 | 1,0 | 1,8 | 0,54 | 3,5 | 1,9 | 1,0 | 0,084 | 0,09 | 0,19 | |
| | $\bar{x}$ | 3,0 | 1,6 | 6,3 | 1,8 | 0,78 | 0,88 | 1,5 | 0,91 | 3,2 | 2,0 | 1,2 | 0,18 | 0,091 | 0,14 | |
| 11 MOIS | A | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,33 | 0,12 | 0,021 | 0,17 | 0,11 | 0,33 | 0,28 | 0,03 | N.D. | 0,019 | 0,015 | N.D.-0,37 |
| | B | 0,13 | 0,12 | 0,05 | 0,13 | 0,077 | 0,073 | 0,16 | 0,11 | 0,37 | 0,17 | 0,026 | N.D. | 0,027 | 0,011 | |
| | C | 0,15 | 0,11 | 0,05 | 0,18 | 0,053 | 0,056 | 0,19 | 0,051 | 0,32 | 0,19 | 0,018 | N.D. | 0,29 | N.D. | |
| | $\bar{x}$*[2] | 0,13 | 0,12 | 0,07 | 0,21 | 0,083 | 0,053 | 0,17 | 0,09 | 0,34 | 0,21 | 0,025 | N.D. | 0,11 | 0,012 | |

*[1] N.D.: Non-détectée < 0,01 U.F.C.x$10^4$/l (1985)
< 0,001 U.F.C.x$10^4$/l (1986)

*[2] : Pour le calcul de la moyenne, la valeur 0,01 x $10^4$ a été attribuée à une concentration non-détectée

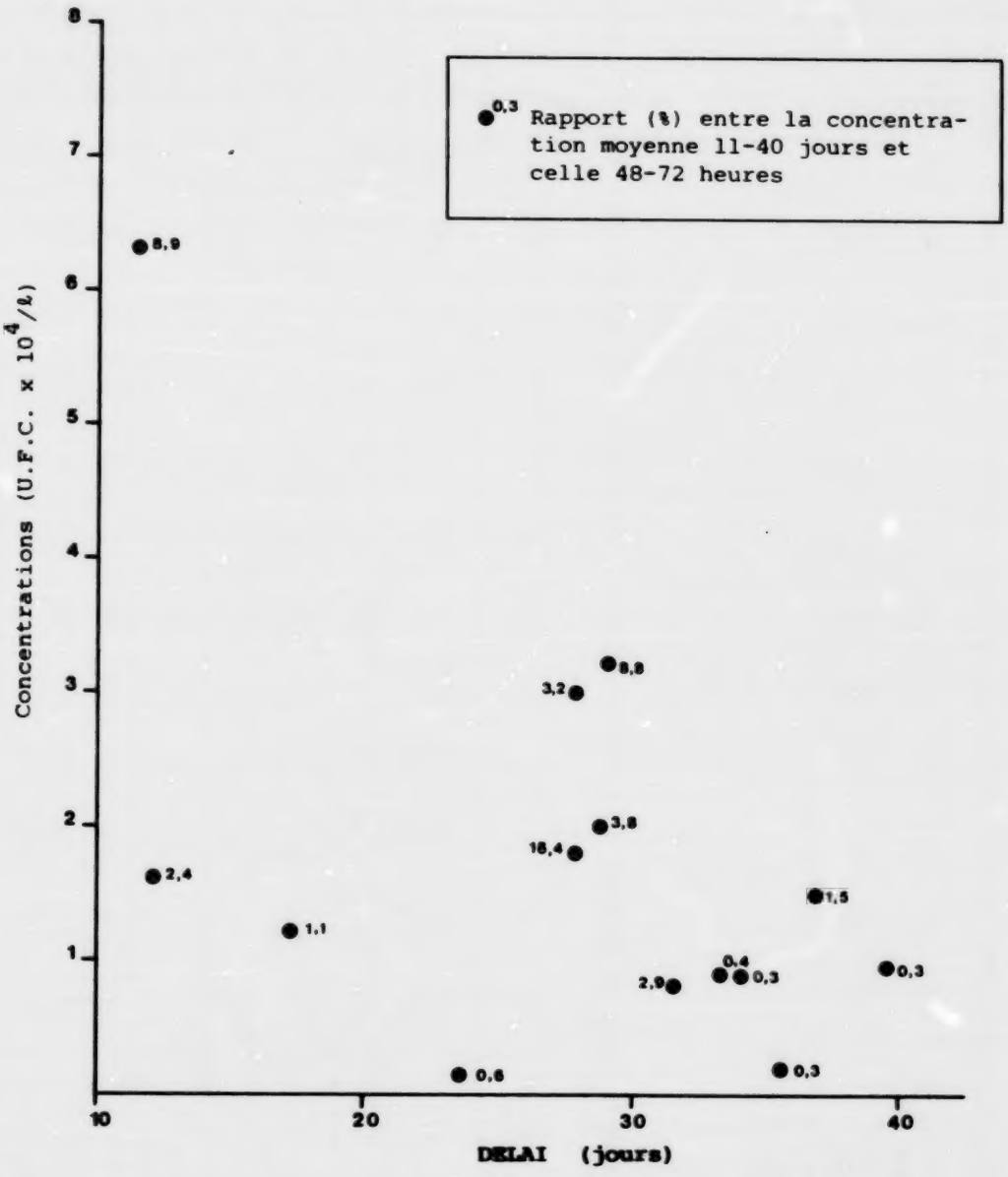


Figure 3: Concentrations moyennes détectées, entre 11 et 40 jours après la pulvérisation, dans l'eau des lacs situés à l'intérieur des aires traitées en 1985

TABLEAU 4: TRAITEMENTS REALISES EN 1983 ET 1984 AVEC LE BACILLUS THURINGIENSIS SUR LE BASSIN VERSANT DES STATIONS ECHANTILLONNEES A L'EXTERIEUR DES AIRES TRAITEES EN 1985

| STATION / ANNEE NO | 132 D | 135 F | 135 G | 136 A | 136 B | 137 B | 141 B | 142 B | 142 C | 145 C | 224 C | 230 F | 234 C | 234 D | 322 E | 324 C | 325 E | 325 F | 327 C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1983 | NON[1] | NON | NON | NON | NON | NON | NON | OUI | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON |
| 1984 | NON | NON | NON | OUI[2] | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON | NON |

[1] NON: Non-traité
[2] OUI: Traité

TABLEAU 5: CONCENTRATIONS DE BACILLUS THURINGIENSIS (U.F.C. x $10^4$/l) DETECTEES AVANT LES PULVERISATIONS ET APRES UN DELAI DE 11 A 40 JOURS DANS DES LACS SITUES A L'EXTERIEUR DES AIRES TRAITES EN 1985

| DISTANCE P/R bloc (km) | | 4,5 | 11,5 | 9,0 | 7,0 | 14,7 | 11,5 | 7,8 | 20,0 | 26,0 | 9,5 | 14,0 | 9,6 | 8,9 | 14,5 | 3,5 | 2,7 | 2,9 | 15,3 | 2,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DELAI / STATION NO | | 132 D | 135 F | 135 G | 136 A | 136 B | 137 B | 141 B | 142 B | 142 C | 145 C | 224 C | 230 F | 234 C | 234 D | 322 E | 324 C | 325 E | 325 F | 327 C |
| PRE | A | N.D.*1 | 0,028 | N.D. | 0,036 | N.D. | N.D. | N.D. | 0,022 | 0,062 | N.D. | 0,025 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,053 | N.D. | N.D. |
| | B | N.D. | N.D. | N.D. | 0,011 | N.D. | 0,46 | 0,047 | 0,036 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | C | N.D. | 0,028 | 0,017 | 0,026 | 0,05 | 0,099 | 0,028 | 0,031 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,039 | N.D. | N.D. |
| | $\bar{x}$*2 | N.D. | 0,028 | 0,012 | 0,024 | 0,02 | 0,19 | 0,028 | 0,03 | 0,027 | N.D. | 0,015 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,039 | N.D. | N.D. |
| 11 à 40 Jours | A | 0,044 | N.D. | 0,085 | N.D. | 0,016 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,10 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,050 | 0,10 | 0,027 | N.D. | N.D. |
| | B | 0,020 | N.D. | 0,086 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,070 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,048 | 0,42 | 0,030 | 0,011 | N.D. |
| | C | 0,034 | N.D. | 0,12 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,063 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,049 | 0,47 | 0,028 | N.D. | N.D. |
| | $\bar{x}$*2 | 0,033 | N.D. | 0,097 | N.D. | 0,012 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,078 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 0,049 | 0,33 | 0,028 | 0,01 | N.D. |

*1 N.D.: Non-détectée < 0,01 x $10^4$ U.F.C./l
*2 : Pour le calcul de la moyenne, la valeur 0,01 x $10^4$ a été attribuée à une concentration non-détectée

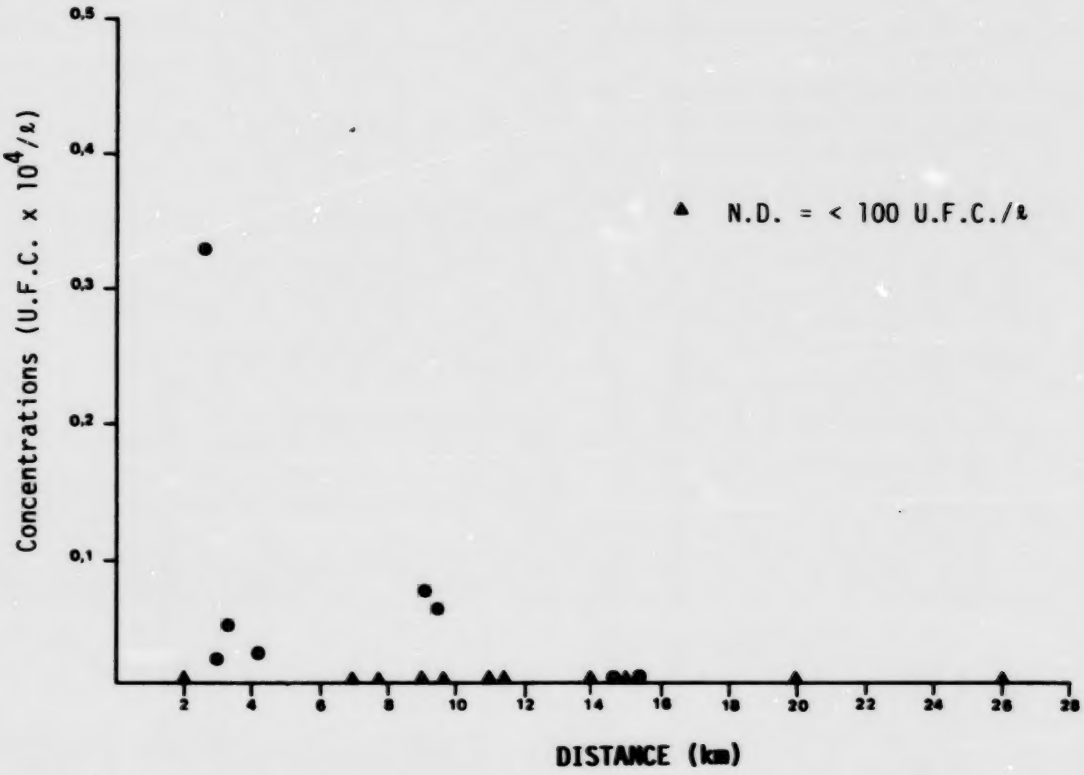


Figure 4: Concentrations moyennes détectées entre 11 et 40 jours après la pulvérisation, dans l'eau des lacs situés à l'extérieur des aires traitées en 1985

TABLEAU 6: DIFFERENCE ENTRE LA CONCENTRATION MAXIMALE (MAX.) ET MINIMALE (MIN.) DE BACILLUS THURINGIENSIS DETECTEE DANS CHACUN DES LACS SITUES A L'INTERIEUR DES AIRES TRAITEES EN 1985

| ANNEE | STATION NO. | 132 D | 135 D | 135 E | 137 A | 141 A | 145 B | 224 B | 230 E | 234 A | 234 B | 322 D | 324 B | 326 D | 327 B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PRE | MAXIMUM | 0,48 | 0,87 | 0,52 | 0,46 | N.D. | 0,30 | N.D. | 0,23 | N.D. | N.D. | 0,04 | 0,02 | N.D. | 0,029 |
| | MINIMUM | N.D. | 0,072 | 0,019 | 0,12 | N.D. | 0,057 | N.D. | 0,21 | N.D. | N.D. | N.D. | 0,013 | N.D. | 0,021 |
| | MAX./MIN. | - | 12,1 | 27,4 | 3,8 | - | 5,3 | - | 1,1 | - | - | - | 1,5 | - | 1,4 |
| 2-3 JOURS | MAXIMUM | 130,0 | 76,0 | 91,0 | 15,0 | 28,0 | 290,0 | 160,0 | 380,0 | 46,0 | 56,0 | 120,0 | 68,0 | 27,0 | 29,0 |
| | MINIMUM | 50,0 | 58,0 | 55,0 | 7,6 | 26,0 | 91,0 | 52,0 | 110,0 | 24,0 | 51,0 | 100,0 | 46,0 | 21,0 | 19,0 |
| | MAX./MIN. | 2,6 | 1,3 | 1,6 | 2,0 | 1,1 | 3,2 | 3,1 | 3,4 | 1,9 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 1,3 | 1,5 |
| 11-40 JOURS | MAXIMUM | 3,1 | 1,8 | 8,2 | 2,0 | 1,2 | 1,0 | 1,8 | 1,2 | 3,5 | 2,7 | 1,4 | 0,27 | 0,1 | 0,19 |
| | MINIMUM | 2,9 | 1,3 | 5,2 | 1,4 | 0,55 | 0,7 | 1,2 | 0,54 | 2,8 | 1,4 | 1,0 | 0,084 | 0,084 | 0,079 |
| | MAX./MIN. | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 2,2 | 1,4 | 1,5 | 2,2 | 1,2 | 1,9 | 1,4 | 3,2 | 1,1 | 2,4 |
| 11 MOIS | MAXIMUM | 0,15 | 0,12 | 0,12 | 0,33 | 0,12 | 0,073 | 0,19 | 0,11 | 0,37 | 0,28 | 0,03 | N.D. | 0,29 | 0,015 |
| | MINIMUM | 0,12 | 0,11 | 0,05 | 0,13 | 0,053 | 0,021 | 0,16 | 0,051 | 0,32 | 0,17 | 0,018 | N.D. | 0,019 | N.D. |
| | MAX./MIN. | 1,3 | 1,1 | 2,4 | 2,5 | 2,3 | 3,5 | 1,2 | 2,2 | 1,2 | 1,6 | 1,7 | - | 15,3 | - |

## 6. CONCLUSION

A l'intérieur des aires traitées, les concentrations retrouvées avant les pulvérisations et après un délai de 11 mois sont similaires et n'excèdent pas 0,87 x $10^4$ U.F.C./l. Ces dernières indiquent une persistance du B.t.. Toutefois, d'après ces résultats, aucune évidence d'accumulation de B.t. dans l'eau des lacs n'a pu être observée après les traitements de 1985. Les concentrations maximales sont observées 2 à 3 jours après la pulvérisation. Par la suite, elles diminuent rapidement et les valeurs détectées entre 11 et 40 jours suivant le programme de pulvérisations n'excèdent pas plus de 16% des maximums atteints à chaque station.

Pour l'ensemble des lacs échantillonnés à l'extérieur des superficies traitées, les concentrations sont faibles et inférieures à 0,47 x $10^4$ U.F.C./l. Précisons qu'aucune trace de B.t. n'a été détectée dans environ 70% des échantillons récoltés avant les pulvérisations et après celle-ci à un délai variant entre 11 et 40 jours. L'apport de B.t. par la dérive aérienne a été observée à des lacs situés à l'intérieur d'un périmètre de 10 km des aires traitées. Au-delà de cette distance, les concentrations sont généralement inférieures à la limite de détection (0,01 x $10^4$ U.F.C./l).

Par ailleurs, le B.t. ne semble pas être présent naturellement de façon significative et toutes les concentrations retrouvées seraient expliquées par des traitements antérieurs.

## BIBLIOGRAPHIE


CARDINAL, P., Cahier des méthodologies analytiques pour le Bacillus thuringiensis, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, 1986, 29 p.

DELISLE, S., R. DOSTIE , P.-M. MAROTTE et G. PARENT, Chaier des méthodologies d'échantillonnage 1985, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service d'entomologie et de pathologie, 1985, 51 p.

DOSTIE, R., G. PARENT, S. DELISLE et P.-M. MAROTTE, Comportement du Bacillus thuringiensis en milieu lotique à l'extérieur des aires traitées (en 1985), Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des études environnementales, 1986a, 42 p.

DUGAL, J., L. MAJOR, P. CARDINAL et S. DELISLE, Étude de la persistance des insecticides biologiques dans les eaux naturelles en milieu forestier, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service d'entomologie et de pathologie, 1985, 29 p.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
**Service des études environnementales**